

Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi *Wenner* dan *Wenner-Schlumberger* Pada Daerah Mata Air Panas Kali Sengon di Desa Blawan-Ijen

(Application of the Geoelectric Resistivity Method Using the *Wenner* and *Wenner-Schlumberger* Configuration in the Kali Sengon Hot Spring Area in Blawan Village-Ijen)

Faishal Saputra, Satrio Agung Baskoro, Supriyadi, Nurul Priyanti
Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember
Jln. Kalimantan 37 Jember 68121
E-mail: supriyadi@unej.ac.id

Abstrak

Salah satu manifestasi panas bumi yang terdapat di Desa Blawan-Ijen adalah mata air panas Kali Sengon. Struktur bawah permukaan di daerah mata air panas dapat diketahui dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Wenner* dan *Wenner-Schlumberger*. Lintasan penelitian untuk konfigurasi *Wenner* (lintasan 1) memiliki panjang 76 m, spasi elektroda 2 m dan variasi n 1-6, sedangkan untuk konfigurasi *Wenner-Schlumberger* (lintasan 2) panjang lintasan 120 m, spasi elektroda 6 m dan variasi n 1-6. Data yang didapatkan diolah dengan *software Res2Dinv* menghasilkan citra resistivitas 2D. Berdasarkan citra resistivitas 2D pada lintasan 1 dengan kedalaman 6,37 m dan terdiri dari lapisan lempung, air tanah, pasir, batuan tufa, batuan breksi dan batuan basalt dengannilai resistivitas (0,708- 685) Ωm . Citra resistivitas 2D pada lintasan 2 dengan kedalaman 23,7 m yang memiliki nilai resistivitas (0,130- 767) Ωm berupa lapisan air panas, air tanah, lempung, pasir, lapisan batuantufa, basalt, kerikil, batu pasir dan slate.

Kata Kunci: Mata air panas, Konfigurasi *Wenner*, Konfigurasi *Wenner-Schlumberger*, Resistivitas.

Abstract

One of the manifestations of geothermal in Blawan Village-Ijen is the Kali Sengon Hot Springs. Subsurface structures in hot springs area can be identified using the *Wenner* and *Wenner-Schlumberger* configuration of geoelectric resistivity methods. The line acquisition for the *Wenner* configuration (line 1) has a length of 76 m, electrode spacing of 2 m and variations of n 1-6, while for the *Wenner-Schlumberger* configuration (line 2) the line length is 120 m, electrode spacing is 6 m and variation n 1-6. The data acquired are processed using *Res2Dinv* software producing 2D resistivity images. Based on 2D resistivity imagery of line 1 has a depth of 6.37 m and consists layers of clay, ground water, sand, volcanic tuff, breccia and basalt with resistivity values (0.708 - 685) Ωm . 2D resistivity image on line 2 has a depth of 23.7 m which has a resistivity value (0.130 - 767) Ωm i.e a layer of hot water, ground water, clay, sand, tuff rock, basalt, gravel, sandstone and slate.

Keywords: Hot Springs, *Wenner* Configuration, *Wenner-Schlumberger* configuration, Resistivity.

PENDAHULUAN

Panas bumi merupakan sebuah sumber energi panas yang terdapat dan terbentuk pada kerak bumi. Panas bumi berkaitan dengan adanya manifestasi panas bumi di permukaan yang diperkirakan terjadi karena adanya perambatan panas dari bawah permukaan atau adanya rekahan-rekahan yang memungkinkan fluida panas (uap dan air panas) mengalir ke permukaan [1]. Manifestasi panas bumi berupa mata air panas merupakan penanda keberadaan sistem panas bumi. Selain itu, mata air panas juga dapat dimanfaatkan secara langsung untuk kepentingan wisata. Salah satunya berada di mata air panas Kali Sengon Desa Blawan-Ijen yang terletak di Kompleks Gunung Ijen, Jawa Timur. Mata air panas merupakan mata air yang dihasilkan akibat keluarnya air tanah dari sumber air panas seperti kerak bumi setelah dipanaskan secara geothermal [2]. Struktur batuan memberikan gambaran bahwa air panas mengalir melalui rekahan-rekahan batuan atau batuan permeabel. Keragaman sifat batuan dalam mengalirkan air panas dan merambatkan panas menentukan karakteristik mata air panas [3]. Penyelidikan karakteristik mata air panas dapat dilakukan dengan menggunakan metode

geolistrik resistivitas. Dengan metode ini, struktur bawah permukaan bumi diprediksi dengan baik melalui nilai resistivitasnya. Metode geolistrik resistivitas menggunakan 2 buah elektroda arus dan 2 buah elektroda potensial yang disusun dengan aturan tertentu, sehingga dapat menggambarkan lapisan batuan di bawah permukaan bumi[4]. Setiap jenis batuan memiliki nilai resistivitas yang berbeda-beda, dengan mengacu pada Tabel 1 maka jenis batuan dapat ditentukan berdasarkan nilai resistivitasnya.

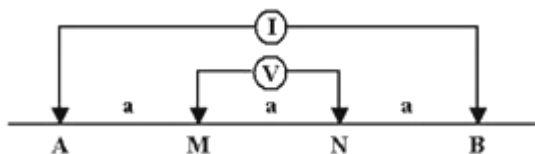
Beberapa penelitian tentang panas bumi menggunakan metode geolistrik resistivitas yaitu Hadi dkk.[6], Sulistyarini dan Irjan [7], Darmawangsa [8], dan Anjarwati dkk.[9].

Aturan penyusunan elektroda dalam metode geolistrik resistivitas dikenal dengan konfigurasi elektroda. Terdapat beberapa konfigurasi elektroda, diantaranya adalah konfigurasi *Wenner*, konfigurasi *Schlumberger*, konfigurasi *Wenner-Schlumberger*, konfigurasi *dipole-dipole*, konfigurasi *pole-pole* dan *azimuth dipole* [10]. Dalam penelitian ini, digunakan 2 konfigurasi yaitu konfigurasi *Wenner* dan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Konfigurasi *Wenner* sering digunakan dalam eksplorasi

geolistrik karena pembacaan tegangan lebih teliti dari pada konfigurasi lainnya [11]. Susunan jarak elektroda pada konfigurasi *Wenner* yaitu sama panjang seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Nilai resistivitas batuan [5]

Material	Resistivitas (Ωm)
Air Tanah	0,5 – 150
Lempung	1 – 100
Pasir	1 – 1000
Andesit	100 – 200
Aluvium	10 – 800
Breksi	75 – 200
Kerikil	100 – 600
Batu Pasir	200 – 8000
Gamping	50 – (1 x 10 ⁷)
Granite	5 x 10 ³ – 10 ⁶
Basalt	10 ³ – 10 ⁶
Slate	6 x 10 ² – 4 x 10 ⁷
Sandstone	8 – 4 x 10 ³
Shale	20 – 2 x 10 ³
Limestone	5 – 4 x 10 ²
Tufa vulkanik	20 – 100
Lava	100 – 5x10 ⁴
Konglomerat	2 x 10 ³ – 2 x 10 ⁴

Gambar 1. Susunan elektroda konfigurasi *Wenner* [12]

Faktor geometri pada konfigurasi *Wenner* dapat dituliskan dengan persamaan:

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right)\right]} \quad (1)$$

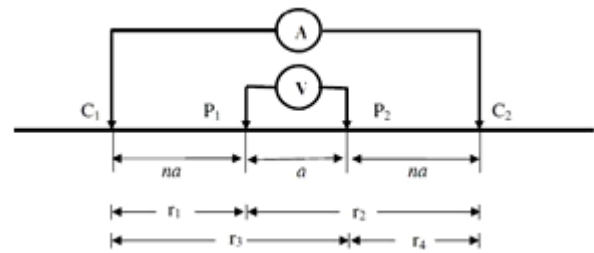
$$K = 2\pi a \quad (2)$$

Resistivitas semu dalam konfigurasi *Wenner* dapat dituliskan :

$$\rho = 2\pi a R \quad (3)$$

Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* merupakan gabungan dari konfigurasi dasar yang diterapkan dengan tujuan mendapatkan gambaran bawah permukaan pada objek penetrasinya lebih baik pada arah vertikal, dengan penetrasi maksimum kedalaman 15% lebih baik dari konfigurasi *Wenner* [13]. Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dilakukan dengan jarak spasi antar elektroda C_1-P_1 , C_2-P_2 , P_1-P_2 bernilai sama yaitu “ n ” seperti Gambar 2. Jika spasi antar elektroda potensial (P_1 dan P_2) adalah a maka jarak spasi antar

elektroda arus adalah $2na + a$. Keempat elektroda tersebut diletakkan dalam satu garis lurus [14].

Gambar 2. Spasi antar elektroda pada konfigurasi *Wenner-Schlumberger* [14]

Berdasarkan jarak spasi antar elektroda, faktor geometri konfigurasi *Wenner-Schlumberger* menjadi:

$$K = \pi(n+1)a \quad (4)$$

sehingga resistivitas semu untuk konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah

$$\rho = \pi(n+1)a \frac{\Delta V}{I} \quad (5)$$

dimana :

ρ = resistivitas semu (Ωm)

a = jarak spasi elektroda (m)

I = arus (A)

ΔV = bedapotensial (V)

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

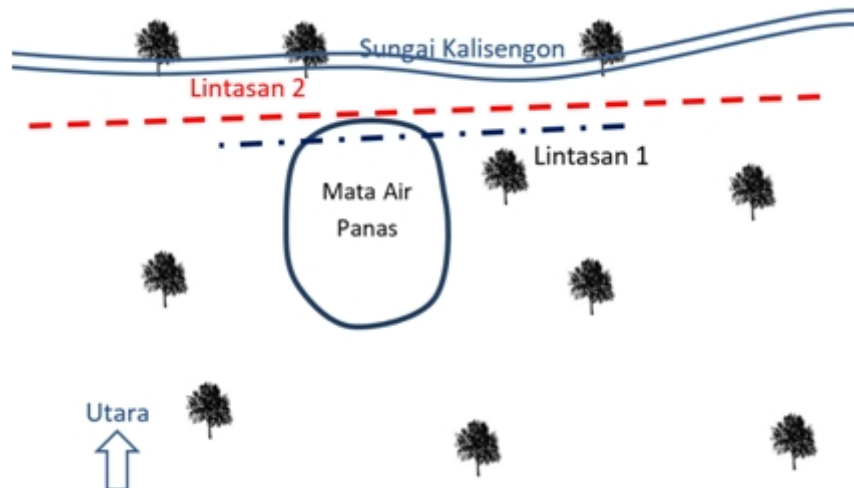
Lokasi penelitian berada di sekitar sumber air panas di daerah wisata air panas kebun PTPN XII Desa Blawan Kecamatan Sempol Kabupaten Bondowoso. Lokasi penelitian adalah mata air panas Kali Sengon berada pada ketinggian 939 mdpl dan koordinat 07°59'234" LS 114°10'808" BT.

Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian terdiri dari Resistivity meter (NANIURA-NRD 300 *High Frequency*), *accu* (12V), elektroda (*stainless steel*), kabel, meteran, palu, HT (*Handy Talky*), GPS (*Global Positioning System*) dan tenda.

Rancangan Penelitian

Tahapan penelitian meliputi studi literatur, survei lokasi penelitian, penentuan lokasi dan penentuan lintasan penelitian. Dalam penentuan lintasan penelitian, dipilih kondisi lingkungan di sekitar mata air panas Kali Sengon yang sesuai untuk aplikasi metode geolistrik resistivitas dengan 2 konfigurasi, yaitu konfigurasi *Wenner* dan *Wenner-Schlumberger*. Untuk memperoleh gambaran struktur bawah permukaan sekitar mata air panas Kali Sengon secara vertikal (*sounding*) dan lateral (*mapping*), sehingga dipilih konfigurasi *Wenner* dan *Wenner-Schlumberger*. Lintasan 1 dan 2 terletak saling berdekatan tetapi dengan panjang lintasan dan spasi yang berbeda.



Gambar 3. Desain lintasan penelitian di daerah mata air panas Kali Sengon Desa Blawan

Kedua lintasan ini terletak diantara kolam mata air panas dan sungai. Lintasan 1 menggunakan konfigurasi *Wenner* dengan jarak elektroda 2 m, panjang lintasan 76 m dan n yang digunakan dari 1 s.d 6, sedangkan lintasan 2 menggunakan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dengan panjang lintasan 120 m, spasi elektroda 6 m dan n yang digunakan dari 1 s.d 6 seperti Gambar 3. Data yang diambil berupa nilai arus dan tegangan yang terbaca pada resistivity meter serta koordinat dan elevasi titik pengambilan data.

Pengolahan data dilakukan dengan memasukkan nilai arus, tegangan dan faktor geometri, sehingga diperoleh nilai resistivitas semu. Data ini kemudian dimasukkan ke dalam *software Res2Dinv* yang diinterpretasi dengan inversi *least square*, iterasi proses inversi berguna untuk menurunkan nilai error dengan cara menghapus beberapa *bad datum point*. Hasil yang didapatkan dari *software Res2Dinv* berupa citra resistivitas bawah permukaan 2D, dengan mengacu pada Tabel 1 tentang resistivitas jenis batuan dan hasil penelitian sebelumnya tentang panas bumi dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas, sehingga dapat menunjukkan jenis batuan, sifat-sifat batuan dan letak batuan yang berkaitan dengan lapisan batuan dan air panas di sekitar mata air panas Kali Sengon Desa Blawan-Ijen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

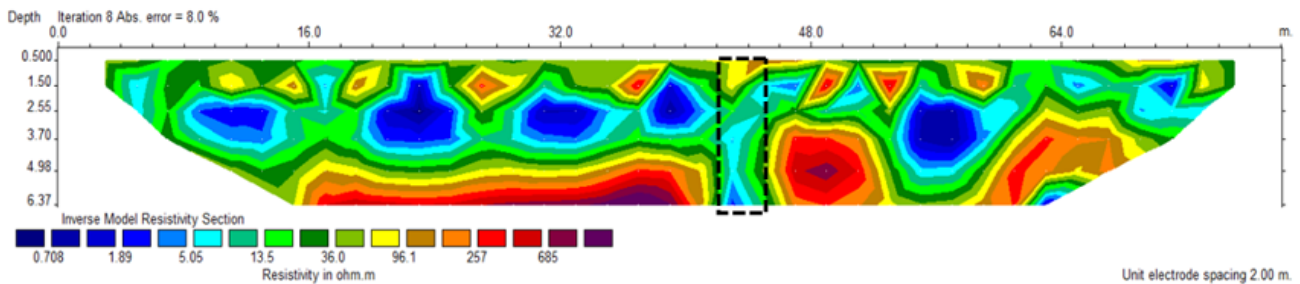
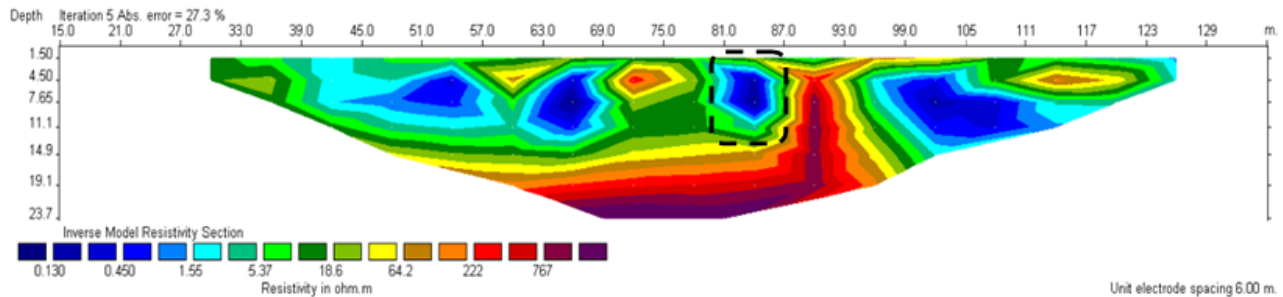
Berdasarkan hasil pengamatan visual, di sebelah utara kolam mata air panas Kali Sengon terdapat aliran sungai yaitu Sungai Kali Sengon. Terdapat banyak rembesan yang diperkirakan merupakan bagian dari sistem mata air panas yang membentuk kolam. Kedua lintasan pengukuran geolistrik resistivitas diambil sepanjang tepi sungai dari arah Barat menuju ke Timur dan juga melewati tepi kolam mata air panas Kali Sengon. Pengambilan data pada lintasan 1 menggunakan konfigurasi *Wenner* dengan panjang 78 m, pada koordinat $07^{\circ}59'14.19''$ LS, $114^{\circ}10'49.9''$ BT sampai $07^{\circ}59'14.6''$ LS, $114^{\circ}10'48.2''$ B T. Citra resistivitas pada lintasan 1 (konfigurasi *Wenner*) ditunjukkan pada Gambar 4, dengan jangkauan kedalaman mencapai 6,37 m dan nilai

resistivitas (0,708-685) Ω m. Dengan mengacu pada nilai resistivitas batuan (Tabel 1), struktur bawah permukaannya terdiri dari lapisan batuan dengan rentang nilai resistivitas (0,708 - 5,05) Ω m berupa lempung, air tanah dan pasir sedangkan nilai resistivitas (13,5 - 36,0) Ω m berupa batuan tufa, nilai resistivitas (36,0 - 257) Ω m berupa batuan breksi dan nilai resistivitas (257 - 685) Ω m berupa batuan basalt.

Analisis sistem panas bumi yang disesuaikan dengan resistivitas suatu batuan dimana semakin kecil resistivitasnya maka batuan tersebut berhubungan dengan sistem panas bumi. Hal tersebut didukung oleh penelitian Suciningtyas [15] dan Hadi dkk. [6]. Penelitian Suciningtyas [15] yang menyatakan bahwa lapisan pembawa air panas adalah lapisan permeabel dengan nilai resistivitas kurang dari 40 Ω m. Hadi dkk.[6] yang menjelaskan nilai resistivitas yang sangat kecil (< 10 Ω m) berkaitan dengan sumber air panas bumi. Hasil penelitian pada lintasan 1 lapisan yang berkaitan dengan air panas pada lapisan air tanah, lempung, pasir dan lapisan pembawa air panas pada lapisan batuan tufa yang memiliki sifat permeabel.

Hasil penelitian yang terlihat pada Gambar 4 diduga terdapat patahan pada panjang lintasan ke (40 - 46) m. Pada lokasi tersebut, lapisan batuan dengan citra warna hijau memiliki pola vertikal yang memanjang ke bawah dan diapit lapisan batuan breksi sehingga diduga merupakan bagian dari struktur patahan. Struktur patahan pada lintasan 1 diduga terisi oleh lapisan semi permeabel yang berfungsi sebagai pembawa air panas dan menghubungkan dengan sistem hidrothermal berupa lapisan batuan tufa.

Lintasan 2 merupakan lintasan pengambilan data geolistrik resistivitas di lokasi yang sama dengan lintasan 1 tetapi menggunakan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Lintasan ini memiliki panjang 120 m dengan koordinat $07^{\circ}59'13.6''$ LS, $114^{\circ}10'47.3''$ BT sampai $07^{\circ}59'15.8''$ LS, $114^{\circ}10'50.7''$ BT. Dengan panjang lintasan 120 m, lintasan 2 ini menghasilkan citra resistivitas bawah permukaan dengan kedalaman mencapai 23,7 m dengan nilai resistivitas (0,130 – 767) Ω m (Gambar 5).

Gambar 4. Citra resistivitas bawah permukaan 2D pada lintasan 1 (konfigurasi *Wenner*)Gambar 5. Citra resistivitas bawah permukaan 2D pada lintasan 2 (konfigurasi *Wenner-Schlumberger*)

Rentang nilai resistivitas tersebut cukup dekat dengan rentang nilai resistivitas pada lintasan 1 sehingga kedua konfigurasi mempunyai kesesuaian cukup baik. Struktur lapisan bawah permukaan pada lintasan 2 terdiri dari lapisan batuan dengan rentang resistivitas (0,130-5,73) Ωm berupa lapisan air panas, lapisan air tanah, batuan lempung, dan batuan pasir, batuan dengan rentang resistivitas (5,73-64,2) Ωm berupa tufa vulkanik dan limestone, batuan dengan rentang resistivitas (64,2-767) Ωm berupa batuan breksi, basalt, kerikil, dan slate. Berdasarkan komparasi antara Gambar 4 dan Gambar 5, kedua lintasan didominasi oleh citra warna biru sampai hijau, yang diasumsikan berkaitan dengan keberadaan fluida air panas di bawah permukaan.

Berdasarkan struktur bawah permukaan hasil interpretasi Gambar 5, lapisan batuan yang diduga berhubungan air panas Kali Sengon Desa Blawan-Ijen terletak pada panjang lintasan ke (39 - 57) m dengan kedalaman (1,5 - 11,1) m, pada panjang lintasan ke (60 - 69) m dengan kedalaman (1,5-14,9) m, dan pada panjang lintasan ke (80 - 87) m dengan kedalaman (1,5-11,1) m. Lapisan batuan tersebut memiliki nilai resistivitas (0,13 - 5,37) Ωm berupa air panas dikarenakan resistivitasnya yang cenderung kecil dan tepat berada pada sumber mata air panas pada titik 63-69 m. Selain itu terdapat juga lapisan yang diduga pembawa air panas yang terlihat dengan warna hijau-kuning dengan rentang resistivitas (5,37-64,2) Ωm berupa batuan tufa. Jenis lapisan batuan tersebut memiliki sifat permeabel yang menandakan adanya air panas pada struktur bawah permukaan lintasan 2.

Citra resistivitas pada lintasan 2 juga diduga terdapat patahan (Gambar 5) yang ditandai kotak hitam yang terletak pada sepanjang lintasan di titik (81-87) m. Patahan tersebut terisi lapisan batuan dengan sifat permeabel sehingga terjadi manifestasi air panas. Lokasi patahan ini terjadi

dikarenakan adanya zona lemah yang ditunjukkan oleh nilai resistivitas (0,13-5,37) Ωm , dengan adanya zona lemah ini maka porositas akan semakin tinggi sehingga air panas dari bawah permukaan tanah akan muncul menjadi manifestasi panas bumi.

KESIMPULAN

Metode geolistrik resistivitas dengan konfigurasi *Wenner* dan *Wenner-Schlumberger* efektif digunakan untuk memetakan struktur bawah permukaan daerah mata air panas Kali Sengon Desa Blawan-Ijen. Berdasarkan citra resistivitas bawah permukaan 2D lintasan 1 (konfigurasi *Wenner*, panjang lintasan 76 m) dan lintasan 2 (konfigurasi *Wenner-Schlumberger*, panjang lintasan 120 m) diperoleh bahwa struktur bawah permukaan terdiri dari lapisan air tanah, lempung, pasir, tufa vulkanik, limestone, breksi, basalt, kerikil dan slate dengan posisi dan kedalaman yang bervariasi. Lapisan air panas dan pembawa air panas yang dicirikan dengan resistivitas rendah yaitu $< 36 \Omega\text{m}$ dapat ditemukan pada beberapa lokasi mulai pada kedalaman (1,5 -14,9) m. Pada kedua lintasan juga berhasil diidentifikasi keberadaan patahan yang mengontrol keberadaan mata air panas Kali Sengon Desa Blawan-Ijen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. M. Saptadji, *Teknik Panas Bumi*. Bandung: ITB, 2002.
- [2] K. Nicholson, *Geothermal Fluids Chemistry and Exploration Techniques*. Berlin: Springer Verlag, 1993.
- [3] A. N. Basid, N. Andini, and S. Arfiyaningsih, "Pendugaan Reservoir Sistem Panas Bumi dengan Menggunakan Servei Geolistrik Resistivitas dan Self potensial," *J. Neutrino*, vol. 7, no. 1, pp. 57-68, 2014.

- [4] J. M. Reynolds, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, 2nd ed. Chichester: A John Wiley & Sons, 2011.
- [5] W. M. Telford, L. P. Geldart, and R. E. Sheriff, *Applied Geophysics*, 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [6] A. I. Hadi, Refrizon, and Suhendra, "Pemodelan Sistem Panas Bumi Bawah Permukaan dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Api Hulu Lais Bagian Utara," in *Seminar dan Rapat Tahunan Bidang MIPA, Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri (BKS-PTN) Indonesia Wilayah Barat*, 2013, pp. 47–57.
- [7] I. Y. Sulistyarini and Irjan, "Aplikasi Metode Geolistrik Dalam Survei Potensi Hidrothermal (Studi Kasus: Sekitar Sumber Air Panas Kasinan Pesanggaran Batu)," *J. Neutrino*, vol. 4, no. 1, pp. 24–34, 2011.
- [8] Darmawangsa, "Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi di Desa Watu Toa Kecamatan Marioriwawo dengan Metode Geolistrik," "Skripsi" Universitas Islam Negeri Alauddin Makasar," 2015.
- [9] L. Anjarwati, S. Samsidar, L. Handayani, and N. Susanti, "Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger Untuk Identifikasi Panas Bumi Daerah Outflow di Sungai Medang Kerinci," *JOP J. Online Phys.*, vol. 2, no. 2, 2018, doi: <https://doi.org/10.22437/jop.v2i2.4788>.
- [10] D. Santoso, *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB, 2002.
- [11] M. H. Loke, "Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys, 2004 Revised Edition," no. July, England: Birmingham University, 2004, p. 136.
- [12] R. H. Manrulu, A. Nurfalaq, and I. D. Hamid, "Pendugaan Sebaran Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Schlumberger di Kampus 2 Universitas Cokroaminoto Palopo," *J. Fis. FLUX*, vol. 15, no. 1, p. 6, 2018, doi: 10.20527/flux.v15i1.4507.
- [13] F. Nabeel, D. D. Warnana, and A. S. Bahri, "Analisa Sebaran Fosfat dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger : Studi Kasus Saronggi, Madura," *J. Sains dan Seni*, vol. 2, no. 1, 2013, doi: 10.12962/j23373520.v2i1.2307.
- [14] Sakka, *Metoda Geolistrik Tahanan Jenis*. Makasar: UNHAS, 2002.
- [15] I. K. L. N. Suciningtyas, S. Maryanto, and A. Rachmansyah, "Sebaran Mata Air Panas Blawan-Ijen berdasarkan Data Geolistrik Resistivitas," *J. Nat.*, vol. 2, no. 2, pp. 165–171, 2013.